

PROGRESSIVE DIES UNTUK MENINGKATKAN DAYA SAING PRODUK PENGUNCI SABUK

Bambang Setyono, Mrihrenaningtyas
Dosen Jurusan Teknik Mesin - ITATS

ABSTRAK

Progressive dies adalah sistem Punching tool yang mampu mengerjakan satu atau lebih proses pembentukan dalam satu kali langkah pengerjaan. Hal ini bisa dilakukan karena pada progressive dies dirancang sedemikian rupa sehingga beberapa proses pembentukan misalkan shearing, blanking, pierching, dan sebagainya bisa dilakukan dengan satu kali jalan. Dalam penelitian ini dilakukan rancang bangun progressive dies produk pengunci sabuk (gasper) di industri kecil Ngunut - Tulungagung, dimana dengan cara konvensional memerlukan tujuh tahapan proses, sedangkan bila menggunakan progressive dies hanya memerlukan satu kali proses.

Kata kunci : Progressive dies, waktu produksi, akurasi, presisi, daya saing

ABSTRACT

Progressive dies Punching system is a tool that could do one or more of the process of formation in a single processing step. This can be done because of the progressive dies are designed so that some suppose that the formation process of shearing, blanking, pierching, and so on can be done with one-way. In this study the design of progressive dies belt locking products (Gasper) in small industry Ngunut - Tulungagung, where the conventional way requires a seven-stage process, whereas when using progressive dies only require a one time process.

Key words: Progressive dies, production time, accuracy, precision, competitiveness

PENDAHULUAN

Industri kecil Ngunut di Tulungagung adalah sebuah industri kecil berbasis logam yang kebanyakan produknya menggunakan bahan pelat. Banyak produk dihasilkan oleh industri kecil ini seperti sendok, garpu, pengunci sabuk, pengunci tas untuk ransel, engsel pintu dan lain-lain.

Untuk menghadapi persaingan di dunia industri yang semakin ketat, maka tiap industri kecil dituntut untuk mampu memenuhi permintaan pasar baik dari model yang bermacam-macam, kualitas yang baik, kuantitas yang banyak serta harga yang mampu bersaing agar usaha tersebut mampu bertahan. Salah satu cara untuk memenuhi tuntutan pasar tersebut adalah dengan memanfaatkan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi.

Produk - produk yang dihasilkan di industri kecil Ngunut Tulungagung ini pada umumnya dibuat dengan cara konvensional dengan masih mengandalkan tenaga manusia sepenuhnya, seperti mengergaji, mengikir, bor manual dan lain-lain. Salah satu produk yang saat ini dikembangkan adalah pengunci sabuk (gasper) dari bahan kuningan. Pengunci sabuk inipun banyak modelnya, sedangkan bentuk pengunci sabuk yang akan dibahas seperti terlihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Produk Pengunci Sabuk (George, 2000)

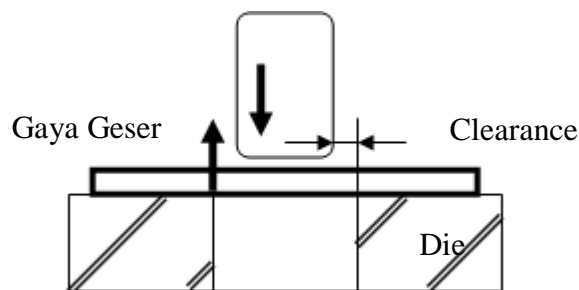
Di industri kecil Ngunut Tulungagung produk pengunci sabuk ini dibuat dengan cara konvensional dengan menggunakan alat seperti : gunting pelat, kikir, bor tangan dan gerinda tangan sehingga produk yang dihasil tidak simetris, dimensi produk satu dengan yang lain berlainan serta performancenya jelek.

Tujuan dari penelitian ini adalah menjawab permasalahan rendahnya daya saing produk pengunci sabuk yang dikarenakan inefisiensi kerja dan presisi produk rendah, dengan memberi solusi berupa penggunaan teknologi progressive dies, dimana dengan teknologi ini waktu produksi menjadi jauh lebih singkat, akurasi dan presisi produk sangat tinggi, sehingga akan dapat meningkatkan daya saing produk.

Clearance

Untuk mendapatkan proses pemotongan pelat ini yang terpenting adalah panjang langkah dari gaya yang diberikan, yang dalam hal ini langkah *punch*-nya, serta ukuran diameter *punch* yang lebih kecil dari ukuran diameter *die*-nya. Perbedaan diameter ini merupakan hal yang sangat penting untuk menentukan hasil pemotongannya (Robert, 2004).

Selisih ukuran antara *punch* dan *die* ini disebut dengan *allowance*, sedangkan yang dimaksud dengan *clearance* adalah selisih ukuran yang besarnya diukur hanya pada satu sisi saja, dengan kata lain separoh dari besarnya *allowance* (George, 2000). Disamping itu besarnya *allowance* juga menentukan besarnya gaya potong yang kita berikan. Sebagai gambaran penggunaan *clearance* yang lebih besar dari tebal material yang akan dipunch serta sisi potong *punch* yang tumpul dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2 Clearance.

(Sumber: George, 2000)

Pada waktu *punch* ditekan kebawah , maka pelat akan cenderung membengkok, hal ini akibat ujung *punch* / *die* yang tumpul. Demikian *clearance* yang besar akan memudahkan bengkoknya pelat tersebut. Apabila tekanan *punch* ditambah, posisi pelat akan menjadi vertikal diantara *punch* dan *die*, akibatnya pelat akan terpotong berdasarkan tarikan. Sehingga material akan mengalami dua perubahan bentuk, yaitu terpotong karena pembengkokan dan regangan mulur karena tarikan. Apabila sisi potong dari *punch* dan

die tajam, serta pemilihan *clearance* yang tepat sesuai dengan tebal material, maka material tersebut akan dapat terpotong dengan baik.

Menentukan Besarnya *Clearance*

Besarnya pemilihan *clearance* tergantung dari tebal dan jenis material, disamping beberapa pertimbangan berikut ini (Ferdinand,2006):

- Untuk proses *blanking*, pada material yang memiliki batas patah geser tinggi dipilih *clearance* yang kecil, agar didapatkan hasil pemotongan yang baik, karena bila menggunakan *clearance* yang besar, material akan terputus dengan dua gaya, yaitu gaya geser dan gaya tarik, sehingga tepi dari potongan akan kasar dan tajam.
- Untuk proses *blanking* pada mesin potong otomatis, digunakan *clearance* yang besar agar didapatkan umur pakai yang lama.
- Untuk mendapatkan hasil pemotongan yang halus, biasanya dipilih *clearance* yang kecil, karena untuk mendapatkan hasil yang baik maka harus ada salah satu yang diabaikan yaitu dalam hal ini adalah gaya akan lebih besar, tetapi ini dapat diabaikan karena daya dari mesin jauh lebih besar.

Untuk menentukan besarnya *clearance* digunakan rumus sebagai berikut :

$$CL_{side} = 0,0032 \cdot t \cdot \sqrt{\tau}$$

dimana :

CL_{side} = *clearance per sisi* (mm)

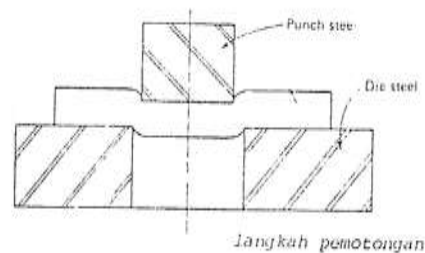
t = tebal material (mm)

τ = tegangan geser material (kg/mm²)

sedangkan untuk *allowance* adalah 2 x CL_{side}

Prinsip Pemotongan

Apabila sisi potong dari *punch* dan *die* tajam, serta pemilihan *clearance* yang tepat sesuai dengan tebal material, maka material tersebut akan dapat terpotong dengan baik.



Gambar 3 Kondisi Pemotongan

(Sumber: John, 2004)

Pada dasarnya terpotongnya pelat itu akan mengalami tahap – tahap sebagai berikut (John, 2004):

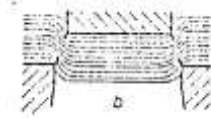
- a. Pada waktu *punch* menekan benda kerja, sebelum material tersebut mencapai batas lumernya, jika beban penekanan dari *punch* dihilangkan, maka material akan kembali seperti semula . Hal ini akibat dari sifat elastis yang dimiliki oleh material.



Gambar 4 Awal Proses Pemotongan

(Sumber: John, 2004)

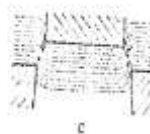
- b. Apabila penekanan *punch* diteruskan sampai material mencapai batas lumernya, maka material tersebut sudah akan mulai terdeformasi, hal ini sering disebut dengan *plastis deformasi*.



Gambar 5 Kondisi Pemotongan *Plastis Deformation*

(Sumber: John, 2004)

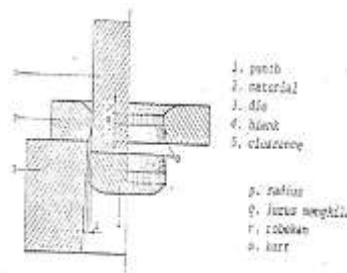
- c. Selanjutnya semakin dalam langkah penekanan *punch*, maka pelat tersebut akan semakin terdeformasi. Deformasi ini diakibatkan oleh sisi potong *punch* dan *die* yang tajam, yang semakin lama semakin panjang sehingga saling bertemu, maka terpotonglah pelat tersebut sesuai dengan bentuk sisi potongnya.



Gambar 6 Kondisi Akhir Pemotongan

(Sumber: John, 2004)

Dari proses potong tersebut permukaan potongnya akan memiliki empat hal yang penting, yang terdiri tiga bagian akibat dari proses yaitu : berupa radius, lurus mengkilap dan berupa patahan (robekan), serta yang keempat adalah pada bagian ujungnya akan terjadi *burr (chips)*. Permukaan potong ini akan terjadi pada *blank* maupun *strip*-nya, dengan posisi yang saling berlawanan.



Gambar 7 Bagian Proses Pemotongan

(Sumber: John, 2004)

Bentuk radius merupakan hasil perubahan struktur benda kerja yang ditentukan oleh besarnya *clearance*, demikian juga akan terjadi pada material yang mempunyai sifat lunak. Dengan sisi potong yang tajam pada *punch* dan *die* akan menghasilkan permukaan potong yang lurus mengkilap, setelah terjadinya radius. Permukaan yang berbentuk patahan sesuai dengan batas patah yang dimiliki oleh material tersebut (**Gambar 7**) yang kemudian akan menimbulkan *burr (chips)* pada masing-masing akhir pemotongan.

Gaya Potong (*Punching Force*)

Pada umumnya kerja dari *punch* dan *die* adalah saling tegak lurus terhadap permukaan pelat yang akan dipotong, dengan sisi potong yang saling bertemu.

Gaya potong perlu dihitung, hal ini untuk menentukan konstruksi yang akan dipergunakan, karena hubungannya dengan kemampuan tekan yang akan diberikan. Perhitungan ini berlaku pula untuk proses yang lain seperti : *gunting, cutting, trimming* ,dll.

Tenaga atau kerja dalam sistem potong ini diperhitungkan untuk menentukan besarnya ukuran mesin press yang akan dipergunakan, yang berhubungan dengan kemampuan tekan yang diberikan. Gaya *stripper* harus diperhitungkan, sehingga dapat menentukan konstruksi lebih lanjut, seperti misal menentukan jenis *stripper plate* yang akan dipergunakan dan berhubungan dengan jumlah pegas dan ukurannya yang akan dipakai. Besarnya gaya *stripper* ini disamping ditentukan oleh tebal material juga sangat tergantung dari ketajaman sisi potong yang akan dipergunakan, apabila sisi potongnya tumpul, maka gaya *stripper* akan menjadi lebih besar.

Perencanaan *Punching Tool*

Untuk merencanakan *punching tool* harus mengetahui secara pasti maksud dan kehendak dari pemesannya. Untuk itu perlu diperhatikan beberapa ketentuan diantaranya :

- a. Produk yang dikehendaki harus jelas bisa berupa contoh jadi atau dari gambar yang jelas.
- b. Jumlah produk yang akan dikerjakan.
- c. Jenis material yang akan digunakan untuk produksi termasuk tebalnya.
- d. Tipe dan kapasitas mesin pres yang akan digunakan.

METODE PENELITIAN

Secara garis besar metodologi penelitian ini dibagi dalam lima tahap yaitu :

- I. Observasi lapangan untuk mendapatkan permasalahan sekaligus menganalisis akan permasalahannya.
- II. Melakukan analisis yang menghasilkan desain alternatif yang lebih efisien dan efektif.
- III. Melakukan rancang bangun dari desain hasil analisis.
- IV. Uji coba hasil rancang bangun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

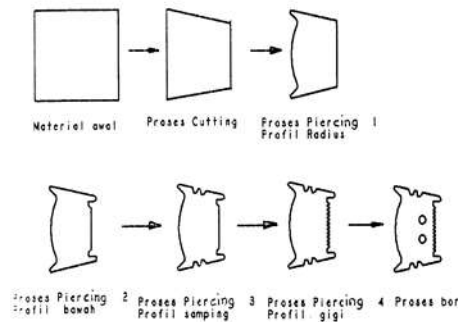
Sebelum mendesain progressive dies, maka diperlukan pemahaman tentang alur proses produksi lama (konvensional).

Proses Produksi Lama

Proses produksi untuk pengunci sabuk yang selama ini dilakukan di industri kecil tersebut adalah dengan cara satu-satu, yaitu sebagai berikut :

1. Pertama-tama pelat kuningan dibentuk kotak dengan ukuran mendekati profil luar dari pengunci sabuk.
2. Kemudian dibuat profil samping sehingga berbentuk kerucut pada pelat kuningan yang sudah disiapkan.
3. Langkah selanjutnya dibuat profil radius.
4. Dibuat profil pada bagian bawah, tempat dimana profil gigi dibuat.
5. Proses *piercing* pada sisi samping.
6. Kemudian dibuat profil gigi yang berfungsi untuk mengikat sabuk.
7. Langkah terakhir dibuat lubang dengan di bor tangan \varnothing 5 mm sebanyak 2 buah

Untuk lebih jelasnya tahapan-tahapan proses dari proses produksi lama dari produk pengunci sabuk ini dapat dilihat pada **gambar 8** berikut :



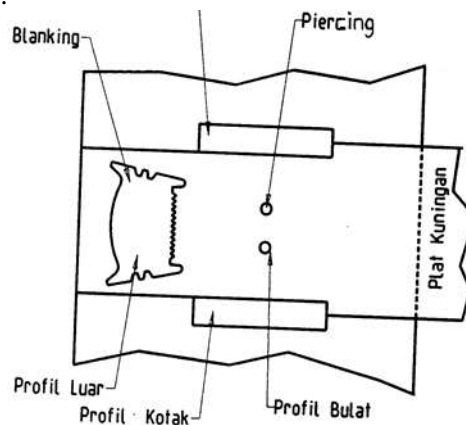
Gambar 8 Tahapan Proses Produksi Lama
(Sumber: John, 2004)

Dari hasil proses produksi yang lama akan didapat hasil produk jadi (pengunci sabuk) yang tidak simetris dan tidak presisi, selain itu juga tidak memiliki umur pakai yang relatif lama terutama pada profil gigi. Proses produksi yang demikian juga tidak produktif dan tidak efisien karena waktu yang dibutuhkan cukup lama dan banyak material yang terbuang.

Rancangan Proses Produksi Baru

Cara pekerjaan satu persatu ini akan diperbaiki dengan rancangan proses produksi baru yang akan dilakukan dengan cara perancangan *punching tool* dengan sistem *progressive dies*.

Rancangan dari proses produksi baru untuk pengunci sabuk ini terlihat pada **gambar 9** dibawah ini :

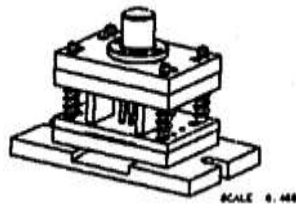


Gambar 9. Rancangan proses produksi baru
(Sumber: Perancangan penelitian)

Dari gambar di atas untuk membuat produk pengunci sabuk ini hanya memerlukan dua proses yaitu : proses pembuatan lubang $\varnothing 5$ mm dan pembuatan profil luar. Dengan proses ini didapat waktu pengerjaan yang lebih singkat yaitu dari tujuh kali proses menjadi dua kali proses dan dua proses tersebut dapat dilakukan dalam satu kali gerakan.

Desain Punching Tool Sistem Progressive Dies Produk Pengunci Sabuk (Gasper)

Desain rancangan progressive dies disajikan pada gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Progressive dies
(Sumber: Lingaiah, 2001)



Cara kerja *progressive dies* (Lingaiah, 2001):

1. Pelat (material awal) masuk kedalam alur yang ada pada *stripper* sampai membentur *stopper*.
2. *Shearing punch* bekerja (melakukan pemotongan pada material), sedangkan *punch* bulat melakukan pemotongan (*piercing*) untuk membuat lubang $\varnothing 5$ mm sebanyak dua kali. Karena material terpotong oleh *shearing punch*, maka material dapat didorong masuk lebih kedalam sejauh panjang *shearing punch* = 41 mm. Begitu pula setiap kali *shearing punch* bekerja, maka material dapat didorong masuk kedalam.
3. Pada tahap ini setelah terbentuk lubang $\varnothing 5$ mm, maka dilakukan proses *blanking* untuk membuat profil luar sehingga produk akan jatuh kebawah dengan sendirinya, untuk selanjutnya *punch-punch* ini bekerja terus menerus sampai selesai

Perhitungan Punching Force

Gaya yang dibutuhkan untuk menekan dari *punch* untuk memotong material dapat ditentukan dari luas bidang geser yang sesungguhnya dari tegangan geser dari material. Rumus untuk menentukan gaya *punch* adalah :

$$F = L \cdot t \cdot \tau$$

dimana :

F = gaya *punch*/ *punching force* (kg)

L = keliling bidang geser (mm)

t = tebal material (mm)

τ = tegangan geser material kuningan (kg/mm^2)

$$= 0,58 \sigma_t (\text{kg} / \text{mm}^2) = 17,14 (\text{kg} / \text{mm}^2)$$

Perhitungan Gaya Shearing

Untuk menghitung gaya *shearing* yang diperlukan untuk lubang kotak ukuran : 41 mm x 5 mm , maka gaya *shearing* yang diperlukan adalah :

$$F_s = L \cdot t \cdot \tau$$

dimana :

F_s = gaya *shearing* (kg)

L = keliling bidang geser (mm)

$$= 2 (p + l)$$

P = panjang (mm)

L = lebar (mm)

t = tebal material (mm)

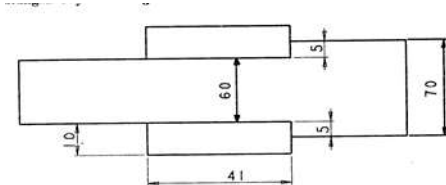
τ = tegangan geser material (kg/mm^2)

Sehingga gaya *shearing* :

$$\begin{aligned} F_s &= 2 (p + l) \cdot t \cdot \tau \\ &= 2 (41 \text{ mm} + 5 \text{ mm}) \cdot 1 \text{ mm} \cdot 17,14 \text{ kg/mm}^2 \\ &= 1576,88 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena proses *shearing* memakai 2 punch dengan ukuran yang sama, maka :

$$\begin{aligned} F_s &= 2 \times 1576,88 \text{ kg} \\ &= 3153,76 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 11 Proses Shearing

Perhitungan Gaya Piercing

Untuk menghitung gaya *piercing* yang diperlukan untuk lubang bulat ukuran : $\varnothing 5$ mm , maka gaya *piercing* yang diperlukan adalah :

$$F_p = L \cdot t \cdot \tau$$

dimana :

F_p = gaya *piercing* (kg)

L = keliling bidang geser (mm)

$$= \pi \cdot d \text{ (mm)}$$

d = diameter *punch* (mm)

t = tebal material (mm)

τ = tegangan geser material (kg/mm²)

Sehingga gaya *piercing* :

$$\begin{aligned} F_p &= (\pi \cdot d) \cdot t \cdot \tau \\ &= (3,14 \times 5 \text{ mm}) \cdot 1 \text{ mm} \cdot 17,14 \text{ kg/mm}^2 \\ &= 269,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena proses *piercing* memakai 2 *punch* dengan ukuran yang sama, maka :

$$\begin{aligned} F_p &= 2 \times 269,1 \text{ kg} \\ &= 538,2 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 12 Proses Piercing

Perhitungan Gaya Blanking

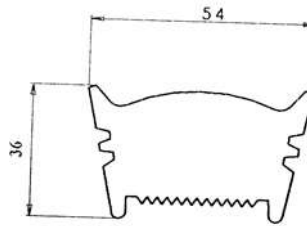
Data luasan dan keliling diketahui dari *Pro Engineer*. Data-data tersebut adalah sebagai berikut :

$$L \text{ (Keliling)} = 220 \text{ mm}$$

$$A \text{ (Luas)} = 220 \text{ mm} \times 1 \text{ mm} = 220 \text{ mm}^2$$

Besarnya gaya *blanking* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_b &= L \cdot t \cdot \tau \\ &= 220 \text{ mm} \cdot 1 \text{ mm} \cdot 17,14 \text{ kg/mm}^2 \\ &= 3770,8 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 13 Proses *Blanking*

Perhitungan Gaya pada Proses Bersamaan

Perhitungan besarnya gaya pada proses bersamaan dapat digunakan rumus

$$\begin{aligned}
 \text{Besarnya gaya potong} &= \Sigma \text{ gaya-gaya yang terjadi} \\
 &= \text{gaya } \textit{shearing} + \text{gaya } \textit{piercing} + \text{gaya } \textit{blanking} \\
 &= 3153,76 \text{ kg} + 538,2 \text{ kg} + 3770,8 \text{ kg} \\
 &= 7462,76 \text{ kg} \\
 &= 7,5 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Dari hasil diatas didapat bahwa gaya *punch* (*punching force*) yang dibutuhkan untuk produk pengunci sabuk ini adalah 7,5 ton. Besarnya gaya *punch* yang terjadi ini selanjutnya akan dikondisikan pada mesin-mesin *punch* yang ada pada industri-industri kecil yang menjadi obyek penelitian.

Perhitungan Clearance

Clearance antara *punch* dan *dies* adalah salah satu faktor yang sangat penting didalam suatu proses pemotongan. Hal ini sangat tergantung dari jenis

material (bahan baku) yang akan dipotong dan ketebalan material tersebut.

Clearance dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$CL_{\text{side}} = 0,0032 \cdot t \cdot \sqrt{\tau}$$

dimana :

$$CL_{\text{side}} = \text{clearance per side (mm)}$$

$$t = \text{tebal material (mm)}$$

$$\tau = \text{tegangan geser material (kg/mm}^2\text{)}$$

Untuk ketebalan material sebesar 1 mm, maka dapat dihitung besarnya *clearance* adalah :

$$C = 0,0032 \cdot t \cdot \sqrt{\tau}$$

$$C = 0,0032 \cdot 1 \text{ mm} \cdot \sqrt{17,14 \text{ kg/mm}^2}$$

$$C = 0,013 \text{ mm}$$

Jadi besarnya *clearance* yang harus digunakan pada *progressive dies* untuk produk pengunci sabuk ini adalah 0,013 mm.

Hasil Uji Coba

Berikut perbandingan pembuatan pengunci sabuk menggunakan cara lama dengan menggunakan *progressive dies*.

Tabel 1. Hasil Uji Coba

Perbandingan	Cara lama	Progressive Dies
Waktu produksi	30 det/unit	3 det/unit
Laju produksi	120 unit/jam	1200/jam
Akurasi	Kurang	Baik
Presisi	Kurang	Baik

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil observasi lapangan, perhitungan daya pembentukan dan hasil uji coba *progressive dies* maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dibandingkan dengan cara lama, maka *progressive dies* mampu memper-singkat waktu produksi dari 30 detik /unit menjadi hanya 3 detik/unit.
2. *Progressive dies* mampu meningkat-kan laju produksi dari semula 120 unit /jam menjadi 1200 unit /jam.
3. *Progressive dies* mampu meningkat-kan akurasi dan presisi produk.
4. Dari point 1 s/d 3 dapat disimpulkan bahwa *progressive dies* mampu meningkatkan daya saing produk karena lebih murah dan kualitas produk lebih baik.
5. Untuk membuat pengunci sabuk (gasper) menggunakan *progressive dies* diperlukan mesin *punch* yang memiliki kapasitas minimal 7,5 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- David G. Ulman, 2004, *The Mechanical Design Process*, Third Edition, Mc. Graw-Hill International Edition
- Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston Jr, 2006, *Mechanics of Materials*, Fourth Edition in SI Unit, Mc. Graw-Hill
- George E. Dieter, 2000, *Engineering Design*, Mc. Graw-Hill International Editions
- John M. Amiss, Franklin D. Jones, 2004, *Machinery's Hand Book Guide 27*, Industrial Press Inc, New York
- Lingaiah, K., 2001, *Machine Design Data Book*, Second Edition, Mc. Graw-Hill
- Robert L. Norton, 2004, *Design of Machinery*, Third Edition, Mc. Graw-Hill, International Edition
- Sakr, BK, 2002, *Theory of Machines*, Tata Mc. Graw-Hill Publishing Company Limited